

a Nonuniform System. I. Interfacial Free Energy // The Journal of Chemical Physics. – 1958. – Vol. 28. **16.** *Elliott C. M., Songmu Z.* On the Cahn-Hilliard equation // Archive for Rational Mechanics and Analysis. – 1986. – Vol. 96. **17.** *Bangerth W., Hartmann R., Kanschat G.* deal.II - A general-purpose object-oriented finite element library // ACM Trans. Math. Softw. – 2007. – Vol. 33. **18.** *Wells G. N., Kuhl E., Garikipati K.* A discontinuous Galerkin method for the Cahn-Hilliard equation // Journal of Computational Physics. – 2006. – Vol. 218. **19.** *Xia Y., Xu Y., Shu C.-W.* Local discontinuous Galerkin methods for the Cahn-Hilliard type equations // Journal of Computational Physics. – 2007. – Vol. 227. **20.** *Stierner M.* Adaptive finite element simulation of relaxed models for liquid-solid phase transition // Proc. ENUMATH Conference (Graz 2007). **21.** *Рвачев В.Л.* Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наукова думка, 1982. **22.** *Rvachev V. L., Sheiko T. I.* R-functions in boundary value problems in mechanics // Applied Mechanics Reviews. – 1995. – Vol. 48. **23.** *Belytschko T., Lu Y.Y., Gu L.* Element-free Galerkin methods // International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 1994. – Vol. 37

Поступила в редколлегию 30.08.2009

УДК 621.6

А.Ю.ДЕНЬЩИКОВ, асс., ДГМА, Краматорск;

С.В.ПОДЛЕСНЫЙ, канд.техн.наук, доц., ДГМА, Краматорск

СНИЖЕНИЕ КОРОБЛЕНИЙ ПОСЛЕ СВАРКИ МЕТОДОМ ВИБРАЦИОННОГО СТАРЕНИЯ

У статті розглянуто зниження викривлень після зварювання методом вібраційного старіння. Проведені експериментальні дослідження зі зниження зварювальних деформацій для конструкцій що знаходяться у вільному стані та для випадку використання додаткових направляючих. Зроблені висновки про застосовність даного методу для вібраційної правки конструкцій та їх елементів.

In the article the declines of warping are considered after welding of method of vibratory stress relief. Experimental researches are conducted on the decline of welding deformations for the constructions of being in the free state and for the case of the use of the additional sending. Conclusions are done about applicability of this method for the vibratory correction of constructions and their elements.

В последние десятилетия получил распространение способ стабилизации геометрических размеров металлоконструкций под названием «вибрационная обработка» («вибрационное старение»), имеющий ряд преимуществ перед традиционными методами снятия остаточных напряжений [1].

Сущность способа заключается в создании в металлоконструкции после окончательной сборки или в процессе изготовления переменных напряжений определенной величины с помощью специальных вибровозбудителей (вибраторов). Переменные напряжения суммируются с остаточными, и при этом происходит пластическая деформация, способствующая снижению и пере-

распределению остаточных напряжений.

Один из косвенных признаков снижения остаточных напряжений – снижения величины короблений после сварки, потому некоторые авторы[1-5] рекомендуют вибрационное старение как один из методов правки. В Донбасской государственной машиностроительной академии были проведены работы по изучению возможности устранения сварочных деформаций методом вибрационной обработки.

1. Виброобработка конструкции в свободном состоянии. На НПП «Энергия» была проведена виброобработка сварной конструкции крышки «Ящика батарейного взрывобезопасный типа ЭК-120-РР-440/640-9», вид сверху которого представлен на рис. 1, а.

В связи с тем, что крышка ящика за счет остаточных напряжений имеет коробление и неплотно прилегает к ящику (см. рис. 1, б), то при виброобработке производился контроль кривизны крышки.

Для этого измерялось отклонение от прямолинейного положения на краях крышки (рис. 2).



Рисунок 1 – Ящик батарейный взрывобезопасный

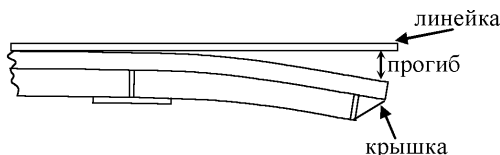


Рисунок 2 – Измерение величины прогиба

Для проведения виброобработки крышка была расположена на двух виброизолирующих опорах (автомобильных покрышках) размещенных по краям. Вибратор располагался максимально близко к геометрическому центру конструкции (рис. 3).



Рисунок 3 – Расположение конструкции с закрепленным вибратором на опорах

Перед обработкой и после нее был замерен ток потребляемый электродвигателем (дебаланс вибровозбудителя был установлен на 15 %). Результаты представлены в виде табл. 1 и графика на рис. 5.

Таблица 1 – Зависимость потребляемого двигателем тока от частоты вращения

Потребляемый ток	Частота, об/мин								
	3000	3500	4000	4500	5000	5500	5750	6000	6500
До виброобработки, А	7	8	7	7	7,5	10,5	25	18	33
После виброобработки, А	5,5	7,4	9	6,5	6,5	7	7,5	8	8,5

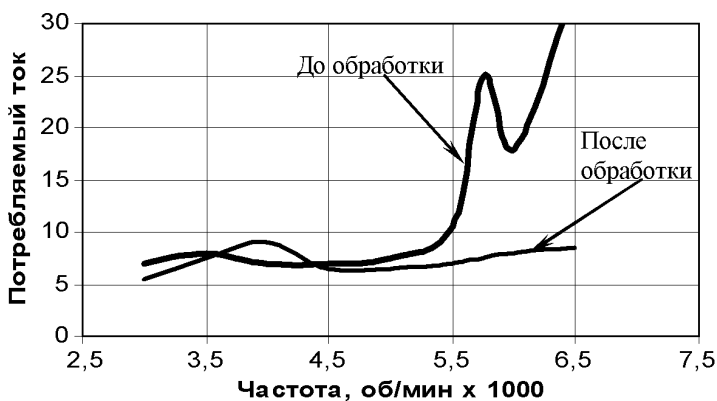


Рисунок 4 – График зависимости потребляемого двигателем тока от частоты вращения

Виброобработка производилась на первой резонансной частоте равной 6500 об/мин при величине дебаланса 40 % (~12 кН), затем повторно при дебалансе 60 % (~18 кН), при этом потребляемый ток снизился с 45 А до 33 А (при 40 %) и с 40 А до 33 А (при 60 %), что косвенно свидетельствует о снижении остаточных напряжений. При этом величину коробления удалось уменьшить с 17,2 мм до 11,2 мм на одном из концов крышки и с 13 мм до 8,2 мм на втором, что не отвечает техническим условиям к изготавливаемой конструкции.

2. Виброобработка конструкций с использованием дополнительных приспособлений. Исследования проводились на сварной колонне, которая представляет собой коробчатую конструкцию (толщина стенки 10 мм) с вваренными усиливающими элементами – мембранами толщиной 6 мм (рис. 5-6).



Рисунок 5 – Общий вид колоны без верхней полки

При варке мембран, во время изготовления конструкции, в стенках конструкции после сварки возникли коробления. Для обеспечения заданной формы конструкции, данные коробления необходимо было снизить до наварки верхней полки.

Для снижения короблений была выбрана следующая схема обработки: вдоль стенки через прокладку был проложен и прикреплен струбцинами швеллер № 14 (рис. 7) таким образом, чтобы стенка приняла прямолинейное положение (струбцины на рис 7. показаны в незатянутом положении). При деформировании стенки возникли внутренние напряжения, которые необходимо было снизить в процессе виброобработки.

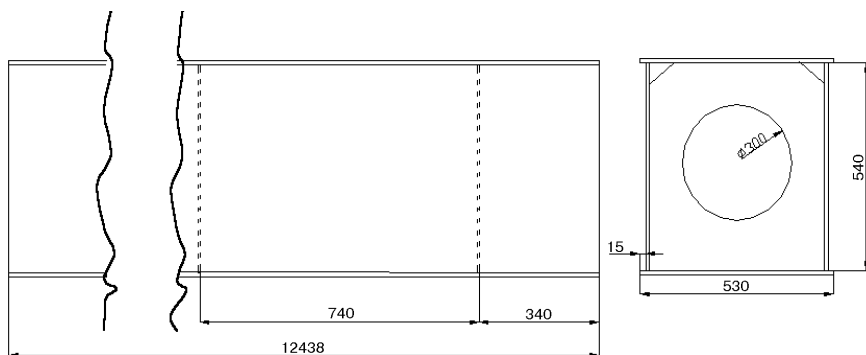


Рисунок 6 – Эскиз колоны

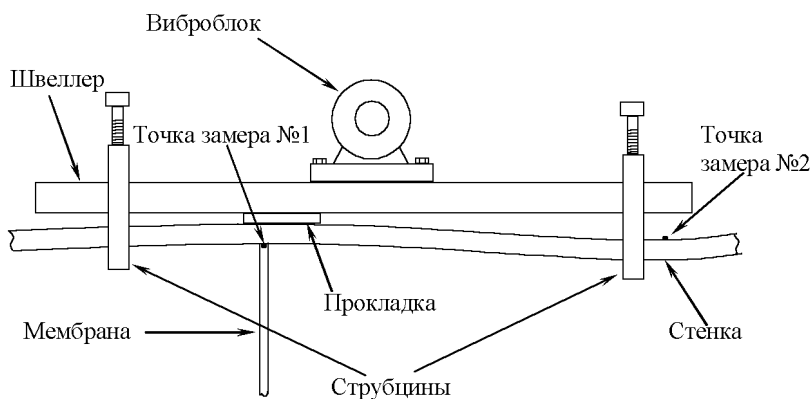


Рисунок 7 – Схема закрепления виброблока

Виброблок виброокомплекса Вк90 был прикреплен непосредственно к швеллеру болтами М20, пропущенными в предварительно просверленные отверстия. Значение дебаланса было установлено 10 %, что дало развиваемое виброусилие 3 000 Н.

Величина короблений замерялась как расстояние от линейки, длиной 1 м, проложенной вдоль стенки до самой стенки (рис 8).

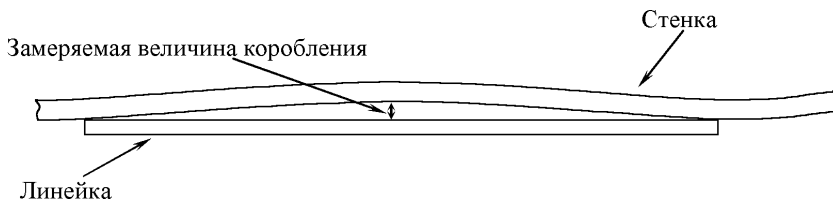


Рисунок 8 – Схема измерения коробления

Обработка производилась виброкомплексом на первой резонансной частоте в течении 25 мин. В процессе виброобработки ток, потребляемый двигателем виброблока, снизился с 50 до 35 ампер (напряжение питания двигателя 27В). Полученные значения короблений до обработки и после виброобработки представлены в виде таблицы 2.

Как показывают результаты, коробления удалось снизить примерно на 20 %. Для снижения на большую величину жесткость эталонной прямолинейной конструкции должна быть значительно выше жесткости элемента конструкции, подвергаемого правке, что не было обеспечено при использовании в качестве эталонной конструкции швеллера № 14.

Таблица 2 – Величины короблений стенки колоны, мм.

№ точки замера	После сварки	После виброобработки
1	4	3
2	3,5	2,8

Вывод. Как показали проведенные исследования, методом вибрационного старения возможно достигнуть снижения величины сварочных деформаций, но обеспечить полное восстановление заданных геометрических размеров при этом не удалось, для этого необходимо применение специализированных конструкций [1,6-8].

Список литературы: 1. Рагульский К.М. и др. Вибрационное старение. – Л.: Машиностроение. 1987. – 72 с. 2. Лащенко Г.И. Вибрационная обработка сварных конструкций. – К.: Экотехнология, 2001. – 56 с. 3. Коцюбинский О.Ю. Коробление чугуновых отливок от остаточных напряжений. – М.: Машиностроение, 1965. – 176 с. 4. Сагалевиц В.М. Устранение деформаций сварных балочных конструкций вибрацией / В.М.Сагалевиц, Н.Н.Завалишин, В.В.Нашивочников // Сварочное производство. – 1979. – № 9. – С. 9-12. 5. Бойченко О.В. Релаксация остаточных напряжений в упрочненных деталях под действием изгибных колебаний / Бойченко О.В., Мелешко И.В., Скиданенко В.И. // Сб.трудов Всероссийск. научной конференции «Современные тенденции развития автомобилестроения в России». – 2004. – Т. 4. – С. 91-97. 6. Дрыга А.И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении. Теория, исследования, технология. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 168 с. 7. Семенов В.М. Виброобработка крупных сварных конструкций тяжелого машиностроения / В.М.Семенов, В.Е.Соломатин, Т.М.Новоселова // Сварочное производство. – 1981. – № 8. – С. 15-26. 8. Деньщиков А.Ю. Моделирование процесса виброправки прокатных профилей / А.Ю.Деньщиков, А.И.Дрыга, Л.В.Кутовой, С.В.Подлесный // Вопросы вибрационной технологии: межвузовский сборник научных статей. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2001. – С. 131-136.

Поступила в редколлегию 09.10.2009